

ИНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621

Ю.Г. ГУЦАЛЕНКО, Харьков, Украина

ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОРЕЗНЫХ ПРУЖИН В МАШИНОСТРОЕНИИ

Наводятся приклады різних галузевих застосувань і патентного захисту технічних рішень, включаючи верстатoinструментальні для високопродуктивної вібраційної лезової обробки різанням. Розглядаються конструкторсько-технологічні перспективи вдосконалення і використання прорізних пружин. Відзначається зацікавленість авіаційно-космічного та атомного машинобудування, відкритість перспективи застосування в забезпеченні високопродуктивної алмазно-абразивної обробки і обслуговуючих таку обробку високоточних стежачих пристроях.

Ключові слова: вібраційна лезова обробка, прорізні пружини

Приводятся примеры различных отраслевых применений и патентной защиты технических решений, включая станкоинструментальные для высокопроизводительной вибрационной лезвийной обработки резанием. Рассматриваются конструкторско-технологические перспективы совершенствования и использования прорезных пружин. Отмечается заинтересованность авиационно-космического и атомного машиностроения, открытость перспективы применения в обеспечении высокопроизводительной алмазно-абразивной обработки и обслуживающих такую обработку высокоточных следящих устройствах.

Ключевые слова: вибрационная лезвийная обработка, прорезные пружины

There are given examples of various industry applications and patent protection of technical solutions, including machine tools for high-performance vibratory blade cutting. The design and technological prospects of improving and using slotted springs are considered. There are an interest in aerospace and nuclear engineering, the openness of the prospect of application for high-performance diamond-abrasive processing and servicing its high-precision tracking devices.

Keywords: vibratory blade cutting, slotted springs

Введение

Предлагаемый обзор является второй частью статейной диалогии автора, посвященной истории и современным перспективам разработок прорезных пружин для машиностроительных применений. Внимание первой части (Заметки по истории, систематике и моделированию прорезных пружин) в основном сосредоточено на представлении геометрии и функциональных особенностей, а также конструкторско-технологического моделирования прорезных пружин и их поведения в виртуальных моделях эксплуатации. Вторая в основном рассматривает применение прорезных пружин в традиционной и новейшей современной, а также перспективной реальной практике.

Прорезная пружина в конструкциях отраслевого машиностроения

Прорезные пружины характеризуются многоотраслевым использованием в решении различных технических задач. Их применение, например, в силомоментных датчиках имеет многолетний опыт и простирается от робототехнических устройств [1] до геологоразведочных установок и нефтегазовых бурильных колонн [2].

Моментометры на базе прорезных пружин отличаются простотой и надежностью, что крайне важно в организации эксплуатации бурильных труб, устранение поломок которых в рабочем процессе пробивки шурфов и скважин является весьма сложным и затратным делом, особенно при глубокой проходке. Моментометр нефтяников например, типа РММ-170 [2], представляет собой автономный глубинный механический регистратор, предназначенный для замера и записи момента, действующего в бурильных трубах, соосно которым устанавливается в любом их разъеме, в условиях турбинного и роторного бурения. После подъема на поверхность содержащей устройство трубной плети из его регистратора извлекается диаграммная фольга с записью изменения момента по величине во времени долбления. Запись осуществляется пером, жестко связанным с поворотной осью, движения которой также отслеживают изменения эксплуатационной осадки

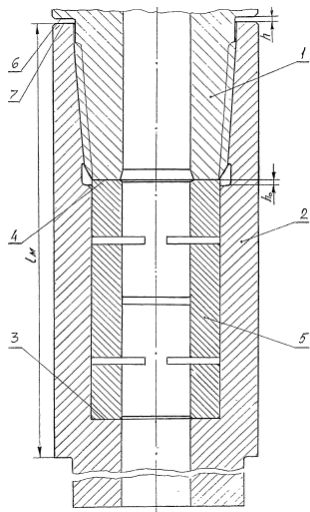


Рисунок 1 – Осевое сечение резьбового соединения бурильных труб перед затяжкой [4]

пружины, демпфирующей перемещения оси. Расшифровка моментограмм осуществляется по тарифовочным графикам. В условиях реального бурения опытная конструкция глубинного механического регистратора момента этого типа была успешно испытана в августе 1971 года на скважине 3438 Ново-Хазинской площади Нефтекамского управления буровых работ [3].

Повышенная нагрузочная способность и расчетная предсказуемость податливости прорезных пружин под данной нагрузкой позволяет использовать их осадку как эталон обеспечения заданного усилия затяжки ответственных резьбовых соединений конструкций с повышенными требованиями к эксплуатационной надежности, например в геологоразведочной и нефтегазовой проходке. Так, российский производитель бурового оборудования является патентообладателем изобретения [4]

резьбового соединения, состоящего (рисунок 1) из замыкающих стыкуемые концы двух труб ниппеля (поз. 1) одной из труб и охватывающей этот ниппель в резьбовом соединении с ним муфты (поз. 2) другой трубы, причем ступенчатая полость муфты содержит прорезную пружину (поз. 5), в исходном позиционировании (до осуществления рабочего резьбового соединения) выступающую над расчетным положением своего упорного в рабочем контакте с ниппелем торца на величину осадки (h_o) под расчетным (требуемым) усилием затяжки.

Широко известны применения прорезной пружины в гашении вибраций в устройствах и механизмах специализированного применения, работающих в различных условиях эксплуатационного нагружения, в том числе в нефтегазовой промышленности.

Так, прорезная пружина представляет механическую часть в конструкциях гидромеханических амортизаторов гашения низко- и высокочастотных колебаний бурильного инструмента при бурении глубоких скважин роторным способом [5]. Ее функция заключается в компенсации гидравлического удара, действующего при распрямлении жидкостной пружины на соосный с прорезной пружиной вал с рабочим долотом, т.е. процессы сжатия и распрямления гидравлической и механической частей амортизатора синергетически дополняют друг друга.

Как центратор-виброгаситель прорезная пружина востребована в динамических системах вращения с осевым нагружением.

Например, при добыче нефти с использованием винтовых насосов с поверхностным приводом при вращении колонны штанг внутри насосно-компрессорного трубопровода происходит контактный износ штанг и трубопровода. Кроме того, при вращении колонны штанг возникают крутильные колебания, которые отрицательно воздействуют на работу винтового насоса. С целью увеличения долговечности работы колонны штанг, насосно-компрессорного трубопровода и винтового насоса разработана конструкция специального центратора-виброгасителя, который состоит из металлического остова, выполненного из прорезной пружины, гуммированной упругим элементом [6].

Конструктивно-функционально подобный пружинный виброизолятор [7] содержит корпус с радиальными пазами, и пружины, расположенные в этих пазах вокруг объекта защиты (вертикальной стойки).

Прорезная пружина широко используется в приводах малых перемещений точного машиностроения, прецизионных автоматических системах слежения за механическим оборудованием и управления им, в том числе мехатронных устройствах синергетики узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, в особенности использующими физические явления электромагнетизма, магнитострикции, обратного пьезоэффекта и др.

Схематичные примеры и описания работы электромагнитных приводов с использованием прорезной пружины приводятся в справочной литературе, например [8], рисунок 2.

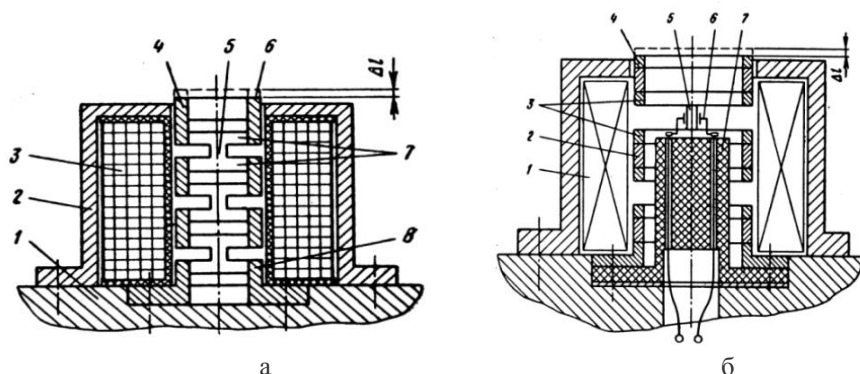


Рисунок 2 – Примеры приводов малых перемещений (а)
и слежения за ними (б)

с использованием электромагнитно реактивных прорезных пружин [8]

Магнитопровод по рисунку 2, а образован смонтированными в корпусе 2 на фланце 1 катушкой 3 и якорем 4, представляющем собой прорезную пружину с кольцевыми элементами 7 из магнитомягкого материала и перемычками 5 из магнитодиэлектрика. Нижний конец 8 якоря 4 жестко закреплен на фланце 1, а верхний 6 – свободный и несколько выступает за торец корпуса 2. При подаче напряжения на катушку 3 кольца 7 намагничиваются и под действием электромагнитных сил сжимают перемычки 5 с результирующей осадкой Δl якоря 4, величина которой определяется управляющим напряжением. После отключения катушки 3 магнитное поле исчезает и прорезная пружина (якорь 4) под действием упругих сил восстанавливает свои исходные размеры. Привод характеризуется простотой конструкции и управления, быстродействием: время переходного процесса в основном определяется частотой собственных колебаний якоря 4.

Якорь 4 магнитопровода конструктивно аналогичной монтажной схемы по рисунку 2, б также представляет собой прорезную пружину, с кольцевыми элементами 3 из магнитомягкого материала и перемычками 2 и 5, часть из которых, выполняющих функцию датчиков обратной связи (5), выполнены из пьезокерамики, а остальные (2) – из магнитодиэлектрика. Держатель 7 токосъемника 6 расположен внутри пружины-якоря 4. Использование прямого пьезоэлектрического эффекта позволяет контролировать величину

осадки Δl якоря 4 под действием внешнего механического возмущения, воспринимаемого верхним торцевым концом якоря 4. Подача электрического напряжения на катушку 1 позволяет реализовывать комбинированную схему управляемого аналогично устройству по рисунку 2, а перемещения Δl с одновременным следящим контролем этого перемещения по описанному выше механизму использования прямого пьезоэлектрического эффекта.

Прорезные пружины применимы также как компенсаторы температурных перемещений в торцовых уплотнениях. Предпочтение им связано с более равномерной передачей нагрузки на уплотняющие кольца, чем при использовании витых пружин [9].

Компоновка [10] золотника пускового гидрораспределителя совместно с прорезной пружиной используется для обеспечения надежности функционирования содержащего золотник автоколебательного гидравлического привода. Подпружинивание производится со стороны одного из торцев золотника. Пружина установлена в одной из полостей управления этим гидрораспределителем и выполнена с регулируемым усилием предварительного поджатия.

Прорезные пружины работают в механизмах вибрационного уплотнения и формирования бетонных смесей в производстве строительных конструкций. Их использование в этих механизмах обеспечивает практически бесшумную работу, позволяет формировать железобетонные изделия высокой прочности, морозоустойчивости и водонепроницаемости с гладкой поверхностью [11].

Прорезная пружина в станкоинструментальных применениях

Благодаря надежной прогностике осевых перемещений под действием расчетной загрузки, демпфирующий эффект прорезной пружины используется в конструкциях приводов вращательных рабочих движений металлорежущих станков, например высокоскоростных шпиндельных механизмов (опыт Винницкого электротехнического завода [12]).

Однако основные применения прорезной пружины в станкоинструментальной технике и технологиях ближайшей полувековой ретроспективы естественно ожидать в связи с известной распространенностью методов вибрационной обработки резанием [13].

Принцип упругой работы с повышенной нагрузочной способностью и непосредственно конструкция прорезной пружины используются [14] и рекомендуются к расширенному использованию [15] в качестве демпферов трения в многолезвийных расточных головках повышенной производительности с делением толщины среза.

В таких конструкциях (рисунок 3) прорезная пружина 7 исходно поджимается через механизм винтового регулирования 8 и через клин 6 обеспечивает передачу натяга, клиновый разжим и, с дополнительным подпружиниванием 5, центрирование получающим тем самым ограниченную

подвижность жестким направляющим 4 резцового блока 9 и головки с корпусом 3 и крышкой 1 в целом, по диаметру выполненным шлифованием в сборе с некоторым понижением в микрометрическом диапазоне относительно резцового блока 9, диаметральный размер которого принимается номинальным, причем допустимые границы этого понижения определяются ограничениями из условий трибологически допустимого риска внерезцовых контактов головки с поверхностью расточки (ограничение снизу – верхнее допустимое отклонение) и эффективного противодействия рискам увода и огранки обрабатываемой поверхности (ограничение сверху – нижнее допустимое отклонение). Точная установка резцового блока 4 и его закрепление осуществляются посредством установочного пальца 2 и винтов 10.

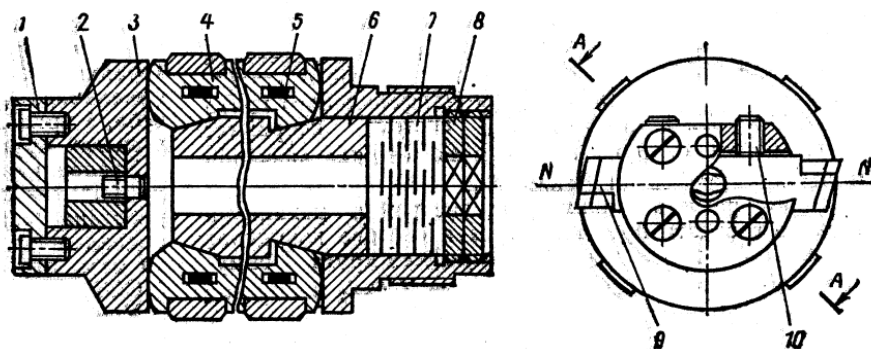


Рисунок 3 – Расточная головка с клиновым разжимом направляющих [14]

Прорезные пружины используются в качестве исполнительных устройств в составе одноинструментных резцедержателей, способных обеспечить колебательное движение резца в диапазоне частот до 200 Гц с амплитудой колебаний до 0,1 мм и тем самым вибрационное дробление стружки в механообрабатывающих применениях [16].

Прорезная пружина в колебательной цепи устройств для вибрационной обработки резанием, выполненная отдельно с поршнем [17], с целью повышенной демпферной защиты механизма может использоваться в последовательной комбинации с другими пружинами, более чувствительными. Так, в конструкции гидроимпульсного виброударного устройства для радиального и осевого виброточения [18] пружинная часть поршень-пружины выполнена как прорезная пружина, а силовое замыкание последней с объектом целевой вибронагрузки (резцом) осуществляется через пакет тарельчатых пружин на дне внутренней расточки корпуса устройства, одновременно связанным с державкой резцедержателя.

Аналогичную функцию смягчения вибрационных инициаций выполняет прорезная пружина, подобно [10] выполненная относительно с золотником в устройстве того же назначения [19], где как пружина-золотник выступает также запорным элементом однокаскадного генератора импульсов давления с параметрическим принципом их генерирования, торцем золотниковой части через созданную на ней сферическую выточку опирающимся на сферический торец цилиндрического толкателя, другим торцем контактирующего с размещенным на дне расточки корпуса пакетом тарельчатых пружин, установленных на цилиндрической части оправки резца.

Для изготовления пружин станкоинструментального назначения, как и в других отраслевых применениях, используют высококачественные углеродистые стали У9А-У12А (ГОСТ 1435-74) и легированные кремнием, марганцем, никелем, хромом, ванадием, например 60С2А, 65Г, 50ХГА, 50ХФА и др. (ГОСТ 14959-69).

Опыт [16] конечно-элементного моделирования станкоинструментального применений прорезной пружины для обеспечения вибрационного резания показывает, что в оптимизации ее геометрии заключен значительно более высокий потенциал повышения работоспособности, нежели в выборе материала изготовления. Тем не менее показательны полученные [16] результаты для идентичных условий нагружения прорезных пружин из марганцовистой стали 65Г и кремний-хром-ванадиевой стали 60С2ХФА, согласно которым второй материал, несколько уступающий первому по пределу упругости ($1,91 \times 10^{11}$ Па против $2,15 \times 10^{11}$ Па), но заметно превосходящий его по пределу текучести ($7,85 \times 10^8$ Па против $14,7 \times 10^8$ Па), превосходит и в циклической прочности (выдерживает число циклов нагружения на 8,9 % большее).

Идея прорезного подпружинивания частично используется в обеспечивающих демпфирование лезвийной обработки различных устройствах закрепления резцов [20] или режущих пластин [21].

Устройство [20] для закрепления резцов включает корпус резцедержателя, опорный элемент и зажимные элементы. Опорные элементы, имеющие конструктивные демпферные выступы, размещены сверху и снизу резца и устройство дополнительно содержит демпферные жесткие пластины с пазами под демпферные выступы для создания верхнего и нижнего демпферных пакетов.

Сборный режущий инструмент [21] имеет державку, режущую пластину, которая закреплена зажимным винтом и прихватом, охватывающим внешнюю боковую поверхность режущей пластины, при этом режущая пластина расположена под углом к продольной оси державки. Прихват выполнен как одно целое с державкой и подпружинен в противоположном вектору осевой подачи режущей пластины направлении, а противоположная

прихвату внешняя боковая поверхность режущей пластины опирается на жесткий корпус державки.

Конструкторско-технологические перспективы прорезной пружины

Перспективы прорезной пружины в технике и технологиях следует рассматривать с позиций, во-первых, расширенного использования ее известных конструкций в известных отраслевых применениях; во-вторых, применимости известных конструкций в инновационной технике; в-третьих, инновационного развития самой конструкции с целью совершенствования функциональности и расширения возможностей применения.

По первому направлению рассмотрения перспективы прорезной пружины очевидны уже из приведенного выше обзора ее применений в ключевом обеспечении эффективной функциональности ответственной техники различного отраслевого назначения.

Позитивная прогностика применимости прорезной пружины в инновационной технике следует из очевидного неисклюкающего внимания к ней в авиационной-космической отрасли, последнее столетие флагманской в развитии научно-технического прогресса современной цивилизации, в частности безальтернативно ответственной за ее безопасность перед вызовами угроз космогенных катастроф.

Это утверждение подтверждается перечнем учреждений работы авторов большинства исследований научно-технической проблематики и прикладной применимости прорезной пружины. Ведущее место среди них, как это следует из материалов первой части обзора, занимает интеллектуально-образовательный центр советской и российской космонавтики, каким является МВТУ (ныне МГТУ) им. Н. Э. Баумана, где получили высшее техническое образование и (или) впоследствии трудились авторы и редакторы основополагающих работ по прорезной пружине, вышедших из возглавляемой С. Д. Пономаревым [22, 23] научной школы прикладной механики, професорствовали видные разработчики и организаторы космических исследований, приверженцы и популяризаторы прорезной пружины И. А. Биргер (ЦИАМ им. П. И. Баранова, заместитель начальника) [24, 25] и В. Н. Челомей (КБ 52 - НПО машиностроения, директор и генеральный конструктор) [11].

Конструкторские модификации технико-технологического концепта прорезной пружины продолжают появляться в ответ на индустриальные вызовы современного века. Характерным примером в этом ряду являются рассмотренные выше отечественные украинские разработки организации процессов производительного резания с вибрационной механикой исполнительных механизмов, конструктивно иллюстрируемые рисунками 3 и 4.

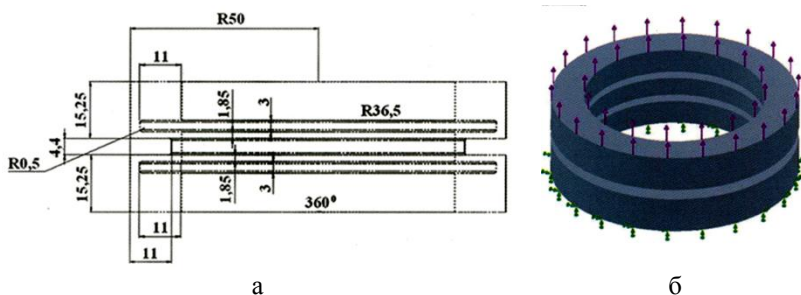


Рисунок 4 – Цилиндрическая кольцевая пружина с чередованием связанных колец двух различных наружных диаметров [16]

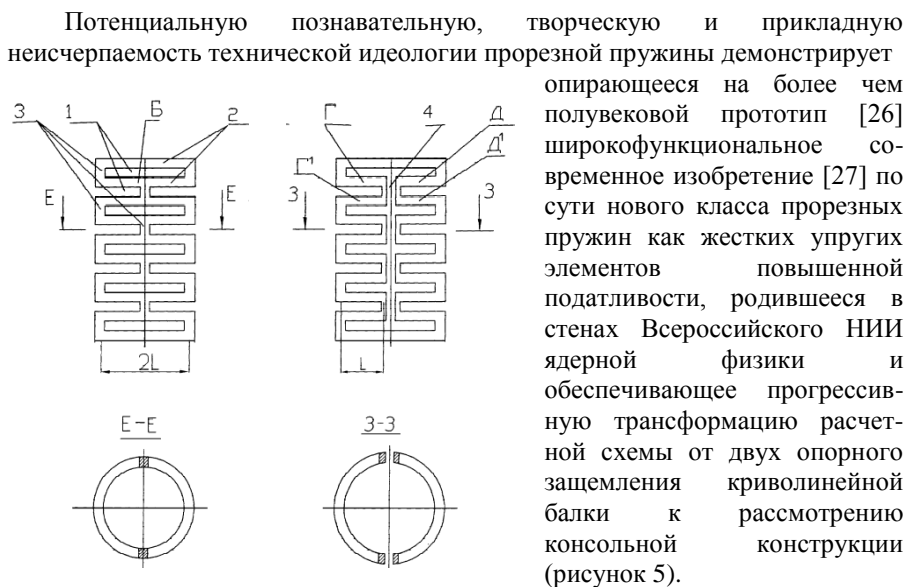


Рисунок 5 – Силловые пружины конвенциональной конструкции с силовой расчетной схемой двух опорных балок (а) и инновационной – консольной (б) [27]

Потенциальную познавательную, творческую и прикладную неисчерпаемость технической идеологии прорезной пружины демонстрирует опирающееся на более чем полувековой прототип [26] широкофункциональное современное изобретение [27] по сути нового класса прорезных пружин как жестких упругих элементов повышенной податливости, родившееся в стенах Всероссийского НИИ ядерной физики и обеспечивающее прогрессивную трансформацию расчетной схемы от двух опорного защемления криволинейной балки к рассмотрению консольной конструкции (рисунок 5).

Предложенная [27] конструкция наряду с обладанием привычными для прорезных пружин горизонтальными прорезями 1, кольцами 2 и вертикальными перемычками 3 (рисунок 5, а) дополнительно наделена вертикальными прорезями 4 (рисунок 5, б), вдвое (до L , рисунок 5, б) понижающими вылет расчетных балок, но меняющими характер

расчетной схемы с рассмотрения двухопорной балки (Б, рисунок 5, а) на рассмотрение балок консольного типа (Г, Д, Г1, Д1, рисунок 5, б).

Очевидно, что проявление интереса к разработке и расчету инновационных конструкций прорезных пружин в учреждениях решения задач ядерной физики и атомного машиностроения государственного уровня [27] в эпоху становления современного, шестого технологического уклада [28] свидетельствует о научной и прикладной актуальности проблематики совершенствования рассматриваемого представленным обзором объекта и его применений.

Заключение

Выполненный обзор свидетельствует о технико-технологической актуальности, современной востребованности и перспективности дальнейших конструкторских и расчетных разработок прорезных пружин.

Они эффективно работают в различных ответственных устройствах общего и специального приборо- и машиностроения, эксплуатируемых в бурильных машинах нефтегазоразведки, производстве строительных материалов, робототехнике и других применениях.

Неизменный интерес к разработке и расчету инновационных конструкций прорезных пружин наблюдается в авиационно-космической отрасли и среде ее интеллектуальной поддержки высшей технической школой. В ретроспективе нынешнего века такой интерес проявился также в российских государственных учреждениях решения задач ядерной физики и атомного машиностроения.

Прорезные пружины различного конструктивного исполнения используются в вибрационных станкоинструментальных технологических устройствах высокопроизводительной лезвийной обработки резанием повышенной операционной надежности.

В то же время перспектива использования технико-технологических возможностей применения прорезных пружин в обеспечении высокопроизводительной алмазно-абразивной обработки и обслуживающих такую обработку высокоточных следящих устройствах остается открытой.

Список использованных источников: 1. *Веселков, Р. С.* Детали и механизмы роботов : основы расчета, конструирования и технологии производства : Учеб. пособие / Р. С. Веселков, Т. Н. Гонтаровская, В. П. Гонтаровский [и др.]; под ред. Б. Б. Самопкина. – Киев : Выща шк., 1990. – 343 с. 2. *Султанов, Б. З.* Управление устойчивостью и динамикой бурильной колонны / Б. З. Султанов. – М. : Недра, 1991. – 208с. 3. *Султанов, Б. З.* Промысловые испытания глубинного механического регистратора момента при турбинном и роторном бурении / Б. З. Султанов, Ю. А. Подалов // Вопросы бурения скважин и добычи нефти и газа : Сб. науч. тр. – Уфа : Башкир. кн. изд-во, 1972. – Вып. 8. – С. 26-32. 4. *Лачинян, Л. А.* Резьбовое соединение бурильных труб : патент RU 2521123 С2 Российская Федерация : МПК (2006.01) E21B 17/042 / Л. А. Лачинян, Н. Л. Лачинян; патентообладатель: ОАО «Завод бурового оборудования». – № 2012 121505/03; заявл. 25.05.2012; опубл. 27.11.2013. Бюл. № 33. 5. *Султанов, Б. З.* Техника управления динамикой бурильного инструмента при проводке

глубоких скважин / Б. З. Султанов, М. С. Габдрахимов, Р. Р. Сафиуллин, А. С. Галеев. – М. : Недра, 1997. – 165 с. 6. Сафаров, А. И. Центратор-вибросигнализатор для штанговой колонны винтового насоса / А. И. Сафаров, Р. Р. Сафиуллин // Материалы XXXXVII-й науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Т. 1. – Уфа : Уфим. гос. нефтян. техн. ун-т, 1996. – С. 41. 7. Головачук, І. П. Пружинний віброізолятор : патент на корисну модель № 118294 Україна : МПК (2017.01) F16F 7/00 / І. П. Головачук; власник : Луцький національний технічний університет. – № у 2017 02839; заявл. 27.03.2017; опубл. 25.07.2017. Бюл. № 14. 8. Казаков, Л. А. Электромагнитные устройства РЭА : Справочник / Л. А. Казаков. – М. : Радио и связь, 1991. – 352 с. 9. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин : справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1979. – 702 с. 10. Гойдо, М. Е. Автоколебательный гидравлический привод : патент RU 2455536 C1 Российская Федерация : МПК (2006.01) F15B 21/12, F15B 11/15, F15B 13/16, F15B 3/00 / М. Е. Гойдо, В. В. Бодров, Р. М. Багаутдинов; патентообладатель : Бодров В. В. [г. Челябинск]. – № 2011 108191/06; заявл. 02.03.2011; опубл. 10.07.2012. Бюл. № 19. 11. Вибрации в технике : Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет : В. Н. Челомей (пред.). – Т. 4 : Вибрационные процессы и машины / Г. Г. Азбель, И. И. Блехман, И. И. Быховский [и др.]; под ред. Э. Э. Лавендела. – М. : Машиностроение, 1981. – 509 с. 12. Шнайдер, Г. З. Расчет величины перемещения прорезной пружины / Г. З. Шнайдер, А. С. Розенберг, А. З. Фурман [и др.] // Вестник машиностроения. – 1983. – № 5. – С. 41-42. 13. Баранов, В. Н. Электрогидравлические и гидравлические вибрационные механизмы / В. Н. Баранов, Ю. Е. Захаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1977. – 326 с. 14. Григорьев, В. В. Расточная головка для глубоких отверстий / В. В. Григорьев, А. М. Емельянов, Е. Я. Самсонов // Станки и инструмент. – 1980. – № 9. – С. 22-23. 15. Уткин, Н. Ф. Обработка глубоких отверстий / Н. Ф. Уткин, Ю. И. Кижняев, С. К. Плужников [и др.]; под общ. ред. Н. Ф. Уткина. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 269 с. 16. Беляева, А. Ю. Влияние конструктивных параметров кольцевых пружин резцедержателей на их усталостную прочность в условиях вибрационного резания / А. Ю. Беляева // Мир техники и технологий. – 2013. – № 5. – С. 36-40. 17. Обертох, Р. Р. Особливості розрахунку та проектування силових ланок гідроімпульсних пристроїв для вібраційного різання та поверхневого зміцнення, виконаних у вигляді комбінації поршня з прорізною пружиною та золотника з прорізною пружиною / Р. Р. Обертох, А. В. Слабкий, О. В. Поліщук // Міжвуз. зб. "Наукові нотатки" [Луцьк]. – Вип. 42 (2013). – С. 193-201. 18. Обертох, Р. Р. Гідроімпульсний віброударний пристрій для радіального та осьового віброточіння зі вбудованим генератором імпульсів тиску клапанного типу : патент на корисну модель № 72257 Україна : МПК (2006.01) B23B 1/00 / Р. Р. Обертох, А. В. Слабкий, М. Р. Архипчук; власник : Вінницький національний технічний університет. – № у 2012 01534; заявл. 13.02.2012; опубл. 10.08.2012. Бюл. № 15. 19. Обертох, Р. Р. Гідроімпульсний віброударний пристрій для радіального та осьового віброточіння зі вбудованим генератором імпульсів тиску : патент на корисну модель № 63958 Україна : МПК (2011.01) B23B 1/00 / Р. Р. Обертох, А. В. Слабкий; власник : Вінницький національний технічний університет. – № у 2011 03794; заявл. 29.03.2011; опубл. 25.10.2011. Бюл. № 20. 20. Стецько, А. Є. Пристрій для закріплення різців : патент на корисну модель № 118193 Україна : МПК (2017.01) B23B 29/00 / А. Є. Стецько, В. А. Сторошук; власник : Українська академія друкарства. – № у 2017 01521; заявл. 17.02.2017; опубл. 25.07.2017. Бюл. № 14. 21. Руднік, Г. І. Збірний різальний інструмент : патент на корисну модель № 117826 Україна : МПК (2006.01) B23B 27/14 / Г. І. Руднік, С. А. Клименко, М. Ю. Копейкіна; власник : Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України. – № у 2017 00689; заявл. 25.01.2017; опубл. 10.07.2017. Бюл. № 13. 22. Князева, В. А. К расчету толстостенных прорезных пружин / В. А. Князева // Изв. высш. учеб. заведений. Машиностроение [Изд. МВТУ им. Н. Э. Баумана]. – 1975. – № 10. – С. 18-22. 23. Пономарев, С. Д. Расчет упругих элементов машин и приборов / С. Д. Пономарев, С. Л. Андреева. – М. : Машиностроение, 1980. – 326 с. 24. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин (справочное пособие) / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Р. М. Шнейдерович; под общ. ред. И. А. Биргера. – 2-е изд., исправл. и доп. – М. : Машиностроение, 1966. – 616 с. 25. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин. Справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр,

Г. Б. Иосилевич. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.

26. Шершень, Л. Г. Пружина сжатия или растяжения : авт. свидетельство SU 206249 СССР : МПК F06f (Кл. 47а, 17) / Л. Г. Шершень, И. В. Олесин. – № 1061914/25-27; заявл. 15.03.1966; опубл. 02.12.1967. Бюл. № 24.

27. Федоров, В. Д. Прорезная пружина : патент RU 2400654 C1 Российская Федерация : МПК (2006.01) F16F 1/34 / В. Д. Федоров; патентообладатель: Гос. корпорация по атомной энергии «Росатом», ФГУП «Рос. федерал. ядерный центр – Всерос. НИИ ядерной физики» (РФ). – № 2012 114030/11; заявл. 13.04.2009; опубл. 27.09.2010. Бюл. № 27.

28. Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innivations : Converging Technologies in Society / Ed. by W. S. Bainbridge and M. C. Roco. – Dordrecht, Netherlands: Springer, 2005. – 398 p.

Bibliography (transliterated): 1. Veselkov, R. S., et al. *Detali i mekhanizmy robotov: osnovy rascheta, konstruirovaniya i tekhnologii proizvodstva*. Ed. by B. B. Samotokin. Kiev: Vyshcha shk., 1990, 343 p. Print.

2. Sultanov, B. Z. *Upravlenie ustojchivost'yu i dinamikoj buril'noj kolonny*. Moscow: Nedra, 1991, 208 p. Print.

3. Sultanov, B. Z., and Yu. A. Podavalov. "Promyslovyie ispytaniya glubinnogo mekhanicheskogo registratora momenta pri turbinnom i rotornom burenii". *Voprosy bureniya skvazhin i dobychi nefi i gaza*. Ufa: Bashkir. kn. izd-vo, 1972, Iss. 8, 26-32. Print.

4. Lachinyan, L. A., and N. L. Lachinyan. *Rez'bovye soedinenie buril'nyh trub: patent RU 2521123 C2 Rossijskaya Federaciya*. IPC, 2006.01 E21B 17/042. No. 2012 121505/03. Appl. 25.05.2012. Publish. 27.11.2013. Bull. No. 33.

Print. 5. Sultanov, B. Z., et al. *Tekhnika upravleniya dinamikoj buril'nogo instrumenta pri provodke glubokih skvazhin*. Moscow: Nedra, 1997, 165 p. Print.

6. Safarov, A. I., and R. R. Safiullin. "Centrator-vibrogasitel' dlya shtangovoj kolonny vintovogo nasosa". *Materialy XXXVII-th nauch.-tekhn. konf. studentov, aspirantov i molodyh uchenyh*. Ufa: Ufim. gos. neftyan. tekhn. un-t, 1996, Vol. 1: 41. Print.

7. Golovachuk, I. P. *Pruzhinnij vibrozolyator: patent na korisnu model' No. 118294 Ukraïna*. IPC 2017.01 F16F 7/00. No. u 2017 02839. Appl. 27.03.2017. Publish. 25.07.2017. Bull. No. 14. Print.

8. Kazakov, L. A. *Elektromagnitnye ustrojstva REA*. Moscow: Radio i svyaz', 1991, 352 p. Print.

9. Birger, I. A., B. F. Shorr, and G. B. Iosilevich. *Raschet na prochnost' detalej mashin*. Moscow: Mashinostroenie, 1979, 702 p. Print.

10. Gojdo, M. E. V. V. Bodrov, and R. M. Bagautdinov. *Avtokolebatel'nyj gidravlicheskiy privod: patent RU 2455536 C1 Rossijskaya Federaciya*. IPC, 2006.01 F15B 21/12, F15B 11/15, F15B 13/16, F15B 3/00. No. 2011 108191/06. Appl. 02.03.2011. Publish. 10.07.2012. Bull. No. 19. Print.

11. *Vibracii v tekhnike*. 6 vols. Head of Ed. Council V. N. Chelomej. Vol. 4: *Vibracionnye processy i mashiny*. Ed. by E. E. Lavendel. Moscow: Mashinostroenie, 1981, 509 p. Print.

12. Shnajder, G. Z., et al. "Raschet velichiny peremeshcheniya prereznoj pruzhiny". *Vestnik mashinostroeniya*. 1983, Iss. 5, 41-42. Print.

13. Baranov, V. N., and Yu. E. Zaharov. *Elektrohidravlicheskie i gidravlicheskie vibracionnye mekhanizmy*. Moscow: Mashinostroenie, 1977, 326 p. Print.

14. Grigor'ev, V. V., and A. M. Emel'yanov, E. Ya. Samsonov. *Rastochnaya golovka dlya glubokih otverstij. Ctanki i instrument*. 1980, Iss. 9, 22-23. Print.

15. Utkin, N. F., et al. *Obrabotka glubokih otverstij*. Ed. by N. F. Utkin. Leningrad: Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1988, 269 p. Print.

16. Belyaeva, A. Yu. "Vliyanie konstruktivnyh parametrov kol'vevnyh pruzhin rezcederzhatelej na ih ustalostnyu prochnost' v usloviyah vibracionnogo rezaniya". *Mir tekhniki i tekhnologij*. 2013. Iss. 5, 36-40. Print.

17. Obertyuh, R. R., A. V. Slabkij, and O. V. Polishchuk. "Osoblivosti rozrahunku ta proektuvannya silovih lanok gidroimpul'snih pristroiv dlya vibracijnogo rizannya ta poverhnevoغو zmichennnya, vikonanih u viglyadi kombinacii porshnya z pririznoyu pruzhinoyu ta zolotnika z pririznoyu pruzhinoyu". *Naukovy notatki*. – Iss. 42 (2013), 193-201. Print.

18. Obertyuh, R. R., A. V. Slabkij, and M. R. Arhipchuk. *Gidroimpul'snij vibroudarnij pristirij dlya radial'nogo ta os'ovogo vibrotocinnnya zi vbudovanim generatorom impul'siv tisku klapannogo tipu: patent na korisnu model' No. 72257 Ukraïna*. IPC, 2006.01 V23V 1/00. No. u 2012 01534. Appl. 13.02.2012. Publish. 10.08.2012. Bull. No. 15. Print.

19. Obertyuh, R. R., A. V. Slabkij. *Gidroimpul'snij vibroudarnij pristirij dlya radial'nogo ta os'ovogo vibrotocinnnya zi vbudovanim generatorom impul'siv tisku: patent na korisnu model' No. 63958 Ukraïna*. IPC, 2011.01 V23V 1/00. No. u 2011 03794. Appl. 29.03.2011. Publish. 25.10.2011. Bull. No. 20. Print.

20. Ctec'ko, A. E. *Pristirij dlya zakriplennya rizciv: patent na korisnu model' No. 118193 Ukraïna*. IPC, 2017.01 V23V 29/00. No. u 2017 01521. Appl. 17.02.2017. Publish. 25.07.2017. Bull. No. 14. Print.

21. Rudnik, G. I., S. A. Klimenko, M. Yu. Kopejkina.

Zbirnij rizal'nij instrument: patent na korisnu model' No. 117826 Ukraïna. IPC, 2006.01 V23V 27/14. No. u 2017 00689. Appl. 25.01.2017. Publish. 10.07.2017. Bull. No. 13. Print. **22.** Knyazeva, V. A. "K raschetu tolstostennyh proreznih pruzhin". *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Mashinostroenie.* 1975, Iss. 10, 18-22. Print. **23.** Ponomarev, S. D., and S. L. Andreeva. *Raschet uprugih ehlementov mashin i priborov.* Moscow: Mashinostroenie, 1980, 326 p. Print. **24.** Birger, I. A., B. F. Shorr, and R. M. Shnejderovich. *Raschet na prochnost' detalej mashin.* Ed. by I. A. Birger. Moscow: Mashinostroenie, 1966. 616 p. Print. **25.** Birger, I. A., B. F. Shorr, and G. B. Iosilevich. *Raschet na prochnost' detalej mashin.* Moscow: Mashinostroenie, 1993, 640 p. Print. **26.** Shershen', L. G., and I. V. Olesin. *Pruzhina szhatiya ili rastyazheniya: avt. svidetel'stvo SU 206249 SSSR.* IPC, F06f. No. 1061914/25-27. Appl. 15.03.1966. Publish. 02.12.1967. Bull. No. 24. Print. **27.** Fedorov, V. D. *Proreznaya pruzhina: patent RU 2400654 C1 Rossijskaya Federaciya.* IPC, 2006.01 F16F 1/34. No. 2012 114030/11. Appl. 13.04.2009. Publish. 27.09.2010. Bull. No. 27. Print. **28.** *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innivations: Converging Technologies in Society.* Ed. by W. S. Bainbridge and M. C. Roco. Dordrecht, Netherlands. Springer, 2005, 398 p. Print.